

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

Der Einfluß der Manschettenbreite
auf die ermittelte Druckhöhe
bei der Blutdruckmessung am Hund⁺)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
H a r t m u t K l u g e
Tierarzt aus Berlin

Berlin 1968
Journal-Nr. 622

1969



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550821_0100

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

Der Einfluß der Manschettenbreite
auf die ermittelte Druckhöhe
bei der Blutdruckmessung am Hund⁺⁾

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
H a r t m u t K l u g e
Tierarzt aus Berlin

Berlin 1968
Journal-Nr. 622

⁺⁾ Mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungs-
gemeinschaft

Gedruckt mit Genehmigung
der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität



Dekan : Prof. Dr. G. Bergmann

Referent : Prof. Dr. L. F. Müller

Korreferent : Professor Dr. G. Wittke

Tag der mündlichen Prüfung: 5. 7. 1968

Tag der Promotion: 1. 1. 1969

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Literaturübersicht
3. Eigene Untersuchungen
 - .1 Material und Methode
 - .2 Ergebnisse
 - .1 Manschettenbreite
 - .2 Weichteilverdrängung und
Volumenelastizitätskoeffizient
4. Diskussion
5. Zusammenfassung
6. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Die Frage des Einflusses der Manschettenbreite auf die Höhe des zu ermittelnden Blutdruckwertes ist so alt wie die Blutdruckmessung nach RIVA ROCCI selbst. Beim Menschen ist namentlich der Einfluß der zu schmalen Manschette untersucht worden (1,2,10,11,12,14). Die zu schmale Manschette ergibt zu hohe Werte.

Ob die zu breite Manschette zu niedrige Werte mißt, ist u.w. nur von ANSCHÜTZ und BURKERT (1,2) bei einem Poliomyelitis-kranken an seinen vier verschiedenen Extremitätenumfängen untersucht und blutig verglichen worden. Danach ergibt die zu breite Manschette zu niedrige Werte.

Der Einfluß der Manschettenbreite ist nicht von der Weichteilverdrängung bzw. dem Volumenelastizitätskoeffizienten des von der Manschette umgriffenen Gewebes zu trennen (1). KIRSCHSIEPER (11,12) hat beim Vergleich von erwachsenen Menschen, Kindern und Säuglingen ein Verhältnis von Extremitätenumfang zu Manschettenbreite wie 2 zu 1 bzw. 2.5 zu 1 gefunden, wenn der Blutdruck in der richtigen Druckhöhe gemessen werden soll. Die Manschette drängt unter ihr befindliche weiche Gewebe und Flüssigkeit mit ihren Randzonen nach beiden Seiten hinaus. Dadurch geht ein Teil des Druckes für diese Arbeit verloren, und nur der mittlere Manschettenabschnitt erfühlt den Arteriendruck. Man kann sich vorstellen, daß eine zu schmale Manschette, "nur" aus randlichen Abschnitten bestehend, einen höheren Druck benötigt, um die Arterie in der Tiefe zu komprimieren (14).

Gegenüber dem Oberarm des Menschen und des Kindes bestehen am Unterarm des Hundes für eine komprimierende Manschette

Unterschiede. Der Unterarm des Hundes hat proximal des Karpalgelenkes, wo wir den Blutdruck messen wollen, fast nur derbe Gewebe, nämlich Knochen, Sehnen und äußere Haut. An weichem Gewebe, das verdrängt werden kann, liegen dort praktisch nur Gefäße und Unterhaut. Erst in der Mitte des Unterarmes und an seinem proximalen Ende gibt es auch Muskelgewebe, das aber im Vergleich zu dem am menschlichen Oberarm ein geringeres Volumen hat. Aber selbst zwischen verschiedenen Hunderassen und Hundegrößen sind die Weichteilmengen unterschiedlich. Bei kleinen Hunden reicht die 5 cm-Manschette bis zum Ellenbogen, beim großen Hund nicht bis in diesen an Weichteilen reicheren Unterarmteil. Die günstigste Manschettenbreite für Hunde beträgt nach blutigen Vergleichsversuchen von WERNER (15) 5 cm. Im Vergleich zur Manschettenbreite beim Oberarm des Menschen von 12 cm ist das ein großer Unterschied. Auch ist es ein Hinweis darauf, daß die Weichteilverdrängung am Hundeunterarm geringer ist als am menschlichen Oberarm.

In dieser Arbeit sollte daher untersucht werden, ob die schmale Manschette auch beim Hund mit seinen Weichteilverhältnissen höhere Werte ergibt, und ob die breite Manschette tatsächlich tiefere Werte mißt.

Da der Einfluß der Manschettenbreite mit der Weichteilverdrängung bzw. dem Volumenelastizitätskoeffizienten eng zusammenhängt, sollten auch sie untersucht werden. Es war der Einfluß auf den systolischen und den mittleren Blutdruck festzustellen.

Als systolischer Blutdruck wurde das erste Erscheinen eines Pulses (3,4), der mit einem Pulsabnehmer nach BOUCKE-BRECHT über der A. ulnaris errührt wurde, registriert, als mittlerer Blutdruck wurde die größte Oszillation gewertet. (6,14,15)

2. Literaturübersicht

Vergleichsmessungen zwischen verschieden breiten Manschetten und Untersuchungen über den Einfluß der Weichteile auf die ermittelte Blutdruckhöhe sind beim Menschen häufig durchgeführt worden (Lit. bei 15).

ANSCHÜTZ (1,2) legte dar, daß der mit der auskultatorischen Blutdruckmessung nach RIVA ROCCI und KOROTKOFF bestimmte systolische und diastolische Blutdruckwert abhängig vom Umfang der Extremität ist, an der gemessen wird. Sie liegen um so höher, je dicker die Extremität bzw. je schmaler die Manschette ist. Das wird darauf zurückgeführt, daß der mit der Manschette ausgeübte Druck das zu komprimierende Gefäß wegen der verdrängten Weichteile nicht in der ganzen Manschettenbreite erreicht. Ist die Extremität dünner, so wird die Meßarterie in größerer Ausdehnung komprimiert. So maßen ANSCHÜTZ und BURKERT (2) mit der gleichen Manschette an einem Poliomyelitiskranken mit verschiedenen Extremitätenumfängen auskultatorisch zu niedrige Blutdrucke an der dünnen Gliedmaße, weil für diese die Manschette zu breit ist. Auf der anderen Seite wurden zu hohe Werte an der dicken Gliedmaße gemessen, weil für diese die Manschette zu schmal ist. Der Einfluß auf den systolischen Druck war groß, der auf den diastolischen gering. Sie nennen als Fehlerquellen bei der RIVA ROCCI-KOROTKOFFschen Methode neben anderen Faktoren die unterschiedliche Weichteildicke der zur Messung benutzten Extremitäten. Die Umfangsdifferenz verschiedener Meßstellen und die daraus resultierende unterschiedliche Blutdruckhöhe können nach ANSCHÜTZ und BURKERT mit Hilfe des Elastizitätskoeffizienten in Beziehung gesetzt werden (Formel in 2). Schon FELLNER und RÜDINGER (7) stellten fest, daß bei breiten Manschetten der Blutdruck auskultatorisch zu niedrig bestimmt wird, weil je nach der Länge des komprimierten Ar-

terienstückes der Pulsdruck durch Gewebisdämpfungen in unterschiedlichem Ausmaß entsteht wird. MÜLLER und BLAUDEL (13) führten vergleichende Blutdruckmessungen am Menschen durch, bei denen sowohl die direkte mit der indirekten Meßmethode, als auch die breite mit der schmalen Manschette kombiniert verglichen wurden. Dabei zeigten die Meßwerte der schmalen Druckmanschette gegenüber der direkten Meßmethode für den systolischen Druck um 40 % zu hohe Werte, die der breiten Manschette um 20 % zu hohe Werte. Den Einfluß der Manschettenbreite bei verschiedenen dicken Extremitäten untersuchte KIRSCHSIEPER (12) vergleichend an erwachsenen Menschen, Kindern und Säuglingen und kam zu einem Verhältnis von Armumfang zu Manschettenbreite wie 2 zu 1 bzw. 2.5 zu 1. KENNER und GAUER (10) schließen sich der Forderung RECKLINGHAUSENS (14) an, Extremitätenumfang und Manschettenbreite müßten in einem bestimmten Verhältnis stehen, um den tatsächlichen Blutdruck möglichst genau zu bestimmen. Sie brachten den Einfluß der "Ventilwirkung" der Manschette in eine mathematische Form und leiteten ab, daß der erste Puls dann nach distal durchtritt, wenn er dem "ventilraum" unter der Manschette einen Druckimpuls von wenigstens der Größe des gerade herrschenden Manschettendruckes verleiht.

GRAUWILER und SPÖRRI (8) vertraten die Meinung, daß am Unterarm des Hundes zwischen einer 6 und einer 12 cm breiten Manschette kein Unterschied für den systolischen Blutdruck festzustellen sei. EHRLICH (5) hat an einem 25 kg schweren Hund sowohl mit einer 12 cm als auch mit einer 5 cm breiten Manschette gemessen. Mit der 5 cm-Manschette maß er den systolischen Druck durchschnittlich um 28 mmHg, den diastolischen Blutdruck um 15 mmHg höher als mit der 12 cm-Manschette. Er

fordert, nur bei kleinen Händen mit kurzen Gliedmaßen die 5 cm-Manschette zu verwenden, ansonsten mit der 12 cm breiten Manschette zu messen. GÜNTHER (9) führte Vergleichsmessungen zwischen einer 13.5 cm breiten und einer 6.5 cm schmalen Manschette in kurzen Zeitabständen nacheinander durch und ermittelte einen statistisch gesicherten Unterschied zwischen den mit der breiten und den mit der schmalen Manschette erzielten Ergebnissen. Im selben Arbeitsgang legte er die Manschetten zum Vergleich jeweils distal vom Ellenbogengelenk und direkt proximal vom Karpalgelenk an und kam zu dem Ergebnis, daß es gleichgültig ist, ob man mit einer Manschette proximal oder distal am Unterarm mißt, da die Meßwerte nicht signifikant unterschiedlich sind.

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

Die Manschettenvergleiche und die Versuche mit der starren Kammer fanden an klinikeigenen gesunden Versuchshunden vom März bis Juli 1967 statt (Tab. 1). Bei den Manschettenvergleichsversuchen waren von ca. 1000 Meßvorgängen 730 Meßwerte für den mittleren und 670 Meßwerte für den systolischen Blutdruck auswertbar.

Bei den Versuchen zur Weichteilverdrängung in der starren Kammer waren in ca. 200 Meßvorgängen 166 Einzelmeßwerte verwertbar.

Es wurden folgende Geräte benutzt: Ein 8-Kanal-Registriergerät¹⁾, der Druckmarkengeber MB²⁾ mit einem Quecksilbermanometer, das über eingeschmolzene elektrische Kontakte bei den entsprechenden Drucken Signale für die Registrierung liefert, die Geräte OS¹⁾ und OS³⁾, welche Luftschwankungen in elektrische Stromschwankungen für die Registrierung umwandeln, 2 Pulsabnehmer²⁾ nach BOUCKE-BRECHT (15), und die über eine Handluftpumpe aufblasbaren Blutdruckmanschetten von 2,5, 5, 7,5 und 12 cm Breite. Die Pulsabnehmer arbeiten nach dem Kondensatorprinzip mit Speisegeräten. Die pulssynchronen Stromschwankungen werden elektronisch verstärkt und registriert. Bei den Versuchen der Weichteilverdrängung wurden zudem eine starre Kammer³⁾, ein Hochdruckinjektionsgerät⁴⁾ und ein Statham-Druckwandler mit Meßbrücke⁵⁾ verwendet.

- 1) Fa. Schwarzer, München-Pasing
- 2) Ingenieurbüro Boucke, Tübingen
- 3) Eigenbau
- 4) Fa. Ullrich, Ulm
- 5) Fa. Hellige, Freiburg

Name	Rasse	(Jahre)	Geschlecht	(kg)
1) Leika	SH-Bastard	6	weibl.	18
2) Toni	SH-Bastard	6	männl.	28
3) Anka	SH-Bastard	6	weibl.	22
4) Kuno	SH-Bastard	2	männl.	28
5) Ringo	Beagle	2	männl.	16
6) Rolf	SH-Bastard	2	männl.	34

Tab. 1 Daten der versuchstiere

Bei den Manschettenvergleichen wurden die Hunde in einem abgeschlossenen Raum auf einem Sofa bequem gelagert, sodaß in Brustbauchlage die Unterarme mit den Kompressionsmanschetten und das Herz auf gleichem Niveau lagen. Die Vorderbeine bildeten im Ellenbogengelenk einen rechten Winkel. Die Blutdruckmanschetten wurden dicht über dem Karpalgelenk fest um die Unterarme gelegt und ringförmig mit Leukoplaststreifen umwickelt, um ein Auseinanderweichen der Manschettenenden durch den Innendruck zu verhindern. An dem nach proximal nur allmählich dicker werdenden Unterarm sind die Manschetten gut anzubringen und werden von den Hunden dort gern ertragen. Auch ist die axiale Verschiebbarkeit an der Extremität an dieser Stelle minimal. Die Manschettenoszillationen können auf diese Weise gut abgenommen werden. Zur Erfassung des systolischen Blutdruckes werden an den Pfoten volar über der Ulnarisarterie die Pulsabnehmer angelegt. Ihr Andruck konnte mit elastischen Binden variiert werden. Je nach Manschettenbreite und Blutdruckniveau des jeweils untersuchten Hundes wurde der Manschettendruck in ca. 1 Minute von 200 auf 30 mmHg abgelassen. Vor jedem erneuten Aufblasen der Manschetten wurde eine Pause von einer Minute eingelegt, um den venösen Rückstrom zu ermöglichen.

Bei den Versuchen zur Weichteilverdrängung lagen die Hunde auf einem Tisch in Brustbauchlage. An der Meßextremität wurde die luftleere Gummiblasche einer Blutdruckmanschette angelegt und mit Gipsbinden umwickelt, sodaß nach Trocknung die Meßstelle von einer starren Kammer umgeben war. Dazu wurden die Gummiblaschen 2, 5 und 12 cm breiter Blutdruckmanschetten unter Wasser entlüftet, an der Meßstelle am Unterarm oder Oberarm in einen Gipsmantel (starre Kammer) gebracht und mit einem Hochdruckinjektionsgerät stufenweise

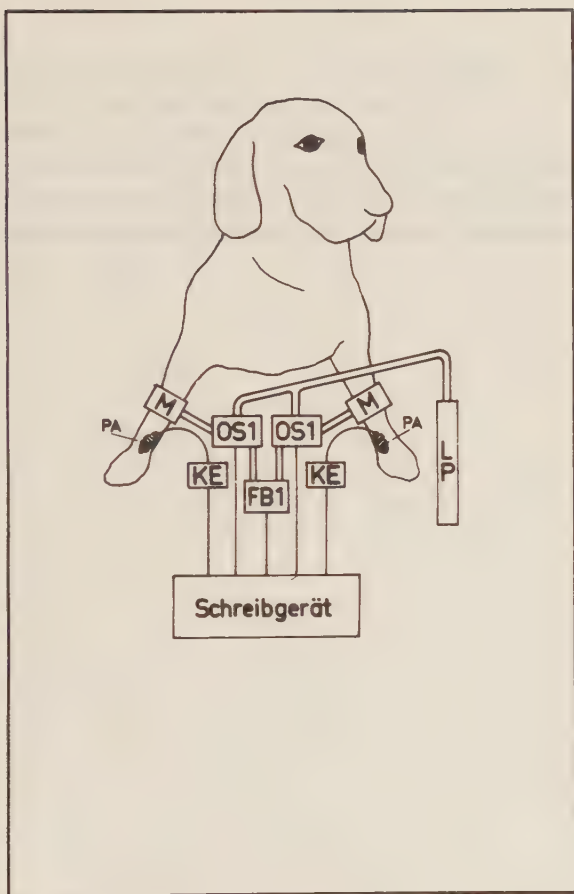


Abb 1 Blockschema der Versuchsanordnung für die Manschettenvergleichsmessungen. Mit der Luftpumpe (LP) werden die Manschetten (M) aufgeblasen. Diese stehen über Luitschläuche mit den Druckmeßwandlern (OS1) und dem Druckmarkengeber (FB1) in Verbindung. Der OS1 und der FB1 stehen mit dem Schreibgerät in Verbindung. Die Pulsabnehmer (PA) nach Boucke-Brecht sind über Speisegeräte (KE) an das Schreibgerät geschaltet.

gleiche volumina wasser injiziert, bis zu einem kammerdruck von ca. 300 mmHg. Nach jeder messung, das waren durchschnittlich 3 bis 6 Injektionsstufen, wurde der kammerdruck wieder auf 0 mmHg gesenkt und bis zur nächsten messung eine einmütige Pause eingelegt. Der jedem injizierten Wasservolumen entsprechende Druck in der kammer wurde gemessen.

. 2 Ergebnisse

. 2.1 Manschettenbreite

Als Vorspann für den Vergleich verschieden breiter Manschetten wurden zunächst zwei gleich breite Manschetten verglichen. Es handelt sich um zwei Versuche an zwei Hunden. Die Mittelwerte sind in Tab. 2 eingetragen. Die Zahl der Vergleichsmessungen ist mit n angegeben. Sowohl für den systolischen Druck (p_s) als auch für den mittleren Blutdruck (p_m) ergab der Paarvergleich (t-Test, $p < 0.05$) signifikant gleiche Werte. Die gleich breite Manschette ergibt also unter denselben Bedingungen gleich hohe Werte.

Die Auswertung eines Vergleiches ist in Abb. 2 angegeben. An der Meßextremität mit der schmalen Manschette erscheint der 1. Puls, das Kriterium für den systolischen Blutdruck, bei 120 mmHg, an der mit der breiteren Manschette erst bei 100 mmHg, die größte Oszillation, das Kriterium für den mittleren Blutdruck, erscheint in der schmaleren Manschette bei 80 mmHg, in der breiteren bei 63 mmHg. Der Einfluß der Manschettenbreite auf das Erscheinen der Kriterien in verschiedener Höhe ist deutlich sichtbar. In Tab. 3a und 3b sind für die beiden Druckwerte die Meßergebnisse von drei Manschettenvergleichen eingetragen. In der linken Säule steht der Vergleich zwischen den Manschetten von 2.5 und 5 cm Breite, in der mittleren der zwischen den 5 und 7.5 cm, und in der rechten der zwischen den 7.5 und 12 cm breiten Manschetten. Eingetragen sind die Mittelwerte der Einzelmessungen (n) jeder Versuchsreihe, wobei n jeweils in Klammern vorangestellt ist. Unter jedem Tier sind die Mittel des Hundes ($\bar{x}_{\text{Hund}}$) angegeben, am Ende der Tabelle, als $\bar{x}_{\text{gesamt}}$, die Gesamtmittel aller Hunde.

	p_s			p_m		
	(n)	7.5	und 7.5	(n)	7.5	und 7.5
Toni	26	110.7	111.1	22	94.1	95.0
"	20	114.7	115.0	35	97.7	94.5
Leika	20	131.5	132.4	20	91.7	91.9
"	17	122.6	116.8	13	90.0	90.0

Tab. 2 Vergleich der Meßwerte zweier 7.5 cm breiter Manschetten an den beiden Unterarmen. Eingetragen sind die Mittelwerte für den systolischen (p_s) und den mittleren (p_m) Blutdruck und die Zahl der Einzelmessungen (n). Die Manschetten ergeben unter sonst gleichen Bedingungen in jeder Versuchsreihe signifikant gleiche Werte ($p < 0.05$)

Da es sich um einen Vergleich in ein und demselben Meßvorgang handelt, bei dem der tiefere Wert jeweils nur einige Pulsschläge später liegt, wurde für die statistische Prüfung der Paarvergleich mittels t-Testes angewendet. Der Paarvergleich hat den Vorteil, daß er verschiedene Höhen im Niveau der Kriterien zwischen den Hunden unberücksichtigt läßt. Es bietet sich so die Möglichkeit, über alle Hunde hinweg alle Einzelmessungen in einem Test zu berechnen und zu einem einheitlichen Ergebnis zu kommen. Es ergaben sich für alle drei Manschettenvergleiche und für beide Kriterien hochsignifikante Unterschiede ($p < 0.001$). Um die Verhältnisse anschaulich zu machen, sind die Gesamtmittelwerte der Tab. 3a und 3b in Abb. 3 graphisch dargestellt worden. Nach der Darstellung erscheint das Merkmal für den systolischen Druck stärker, das für den mittleren Blutdruck als weniger abhängig. Als stärkerer Einfluß erscheint der der schmaleren Manschette, als geringer der der breiteren.

Die schmalere Manschette ergibt sowohl für das Kriterium des systolischen als auch für das Kriterium des Mitteldruckes systematisch höhere Werte als die breitere Manschette und umgekehrt.

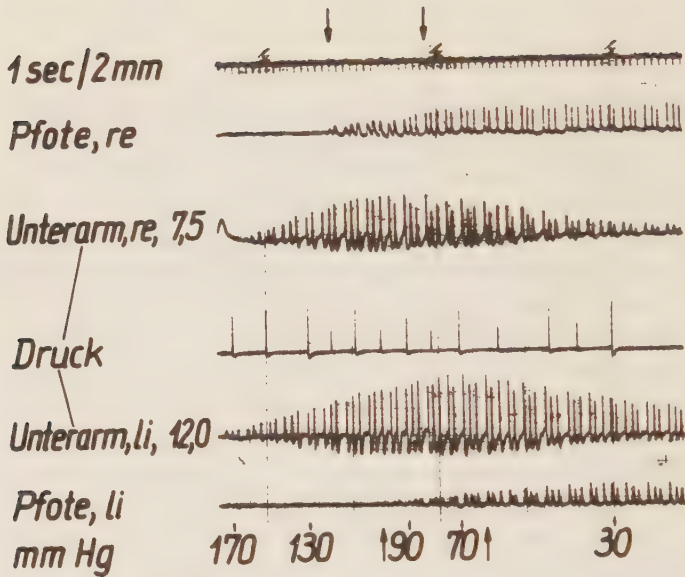


Abb. 2 Registrierbeispiel der beiden Kriterien für die Blutdruckmessung mit verschieden breiten Manschetten. In den Zeilen sind von oben beginnend verzeichnet: der Papiervorschub, der 1. Puls (linker Pfeil von oben) und die folgenden von der rechten Pfote, die Oszillationen (rechter Pfeil) in der 7,5 cm breiten Manschette am rechten unterarm, die Druckmarken des Druckmarkengebers; sie sind unten mit Zahlen in mmHg bezeichnet. Es folgen die Oszillationen (rechter Pfeil von unten) der linken 12 cm breiten Unterarmmanschette und der 1. Puls (linker Pfeil) und die folgenden von der linken Pfote.

An der Meßextremität mit der schmaleren Manschette erscheint der 1. Puls, das Kriterium für den systolischen Blutdruck, bei 120 mmHg, an der mit der breiteren Manschette erst bei 100 mmHg, die größte Oszillation, das Kriterium für den mittleren Blutdruck, erscheint in der schmaleren Manschette bei 80 mmHg, in der breiteren bei 63 mmHg. Der Einfluß der Manschettenbreite auf das Erscheinen der Kriterien in verschiedener Höhe ist deutlich sichtbar.

		<u>p_s</u>											
		<u>(n)</u>	<u>2.5</u>	<u>(n)</u>	<u>5.0</u>	<u>(n)</u>	<u>5.0</u>	<u>(n)</u>	<u>7.5</u>	<u>(n)</u>	<u>7.5</u>	<u>(n)</u>	<u>12.0</u>
1	Leika	(8)	176.6	(11)	111.3	(11)	124	(8)	98.3				
2	"									(40)	117.1	(39)	107.3
3	"	(10)	182	(9)	108.3	(10)	105	(10)	99	(13)	105.3	(12)	92.1
4	"	(8)	186.8	(8)	123.1	(7)	135.7	(7)	102.8	(21)	92.8	(22)	87.1
5	"					(33)	162.5	(33)	128.2				
$\bar{x}$	Hund		183.2		113.5		142.8		117.5		108		98.5
6	Toni	(7)	270	(7)	141.4	(6)	180.8	(8)	106.2				
7	"	(5)	280	(5)	168					(17)	112.7	(20)	108
8	"									(20)	120	(20)	104.6
9	"												
$\bar{x}$	Hund		275		154.7		180.8		106.2		116.3		106.3
10	Anka	(13)	143.4	(13)	118.8	(11)	114	(11)	80	(8)	85.6	(8)	70
11	"									(23)	113.1	(23)	94.2
12	"					(36)	126.9	(36)	105.6				
13	"												
$\bar{x}$	Hund		143.4		118.8		123.9		99.1		106		87.8
14	Kuno									(16)	125.9	(18)	113.8
15	Ringo									(8)	102.5	(7)	94.2
$\bar{x}$	gesamt		191.7		123.7		137.0		109.0		111.0		99.7

Tab. 3a vergleich der Meßwerte für das systolische Druckkriterium zwischen den Manschettenbreiten 2.5 und 5,5 und 7.5 sowie 7.5 und 12 cm. Im Feld sind die Mittelwerte für den systolischen Druck (p_s) des einzelnen Versuches, als $\bar{x}_{\text{Hund}}$ das Mittel von mehreren Versuchen am selben Hund und als $\bar{x}_{\text{gesamt}}$ die Mittelwerte aller Versuche an allen Hunden eingetragen. Die Zahl der Einzelmessungen(n) ist den

	p_{H}					
	(n) 2.5	(n) 5.0	(n) 5.0	(n) 7.5	(n) 7.5	(n) 12.0
1 Leika	(5) 135	(9) 81.6	(13) 85.7	(11) 65		
2 "					(33) 85.7	(59) 79.0
3 "	(10) 124	(9) 75	(10) 79	(10) 78.5	(13) 83.7	(19) 67.1
4 "	(8) 130	(7) 86.4	(8) 92.1	(6) 73.3	(24) 74.3	(19) 67.1
5 "			(33) 112.5	(33) 109.1		
$\bar{x}_{\text{Hund}}$	128.4	80.6	99	92.8	83.4	75.6
6 Toni	(7) 222.1	(7) 104.2	(9) 118.8	(7) 85.7		
7 "	(5) 158	(5) 110				
8 "			(33) 110.4	(33) 100.1		
9 "					(19) 97	(19) 87.7
$\bar{x}_{\text{Hund}}$	195.3	106.5	111.8	97.5	97	87.7
10 Anka	(13) 102.3	(11) 80.4	(12) 77.9	(11) 61.8	(9) 65	(8) 63.1
11 "					(23) 80.7	(23) 66.7
12 "			(35) 87.5	(35) 81.7		
13 "					(14) 70.3	(14) 59.3
$\bar{x}_{\text{Hund}}$	102.3	80.4	84.7	77.2	76.8	63.9
14 Kuno					(18) 108.6	(18) 91.9
15 Ringo					(8) 90	(8) 81.7
$\bar{x}_{\text{gesamt}}$	138	86.9	97.9	88.9	86.7	74.9

Tab. 3b Vergleich der Meßwerte für das Kriterium des mittleren Blutdruckes. Erklärungen s. Tab. 3a. Die Unterschiede der Gesamtmittel sind alle hochsignifikant ($p < 0.001$). Der Einfluß der Manschettenbreite ist damit gesichert.

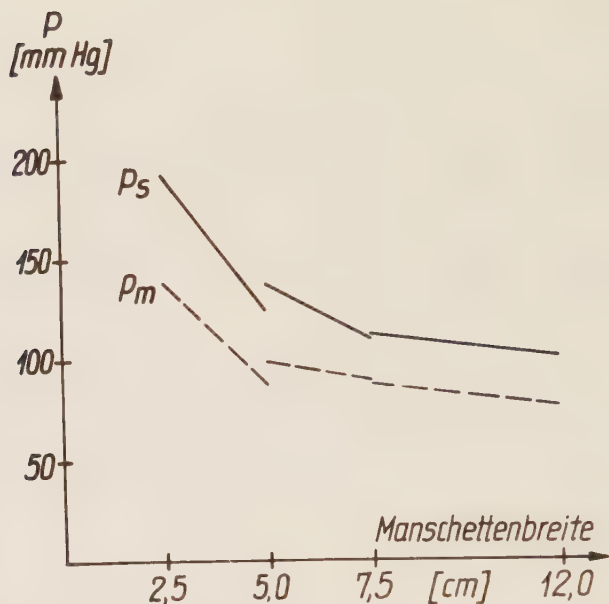
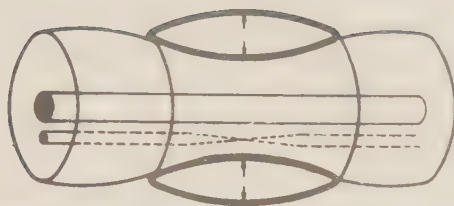


Abb. 3 Darstellung der Druckhöhen, in denen die Kriterien erscheinen, abhängig von 4 verschiedenen Manschettenbreiten. Eingetragen sind die Gesamtmittel aller Hunde aus den Tab. 3a und 3b. p_s ist das Kriterium für den systolischen Blutdruck, p_m das für den mittleren Blutdruck. Der Einfluß der Manschettenbreite tritt hier deutlich in Erscheinung.



Weichteilverdrängung unter der Manschette

Abb. 4 Schematische Darstellung der Weichteilverdrängung, die durch eine den Arm umschließende Blutdruckmanschette verursacht wird (nach Kirschsleper (10)). Durch den Manschettendruck werden weiche Gewebe und Flüssigkeit nach proximal und distal verdrängt, und die Meßarterie in der Tiefe wird komprimiert (gestrichelt). Zentral im Arm ist der Knochen eingezeichnet.

.2.2 Weichteilverdrängung und volumenelastizitätskoeffizient.

Abb. 4 veranschaulicht im Schema (nach KIRSCHSIEPER) die Weichteilverdrängung am menschlichen Oberarm. Die randlichen Manschettenabschnitte verdrängen Weichteile unter sich nach den Seiten hinaus, und nur die mittleren Manschettenzonen komprimieren das Gefäß (gestrichelt) in der Tiefe.

Abb. 5 zeigt die Erhöhung des Kammerdruckes bei Einbringung gleicher volumina. Spritzt man in die starre Kammer ein bestimmtes Wasservolumen, so wird das gleiche Volumen an Weichteilen verdrängt, und die Drucksteigerung entspricht dem Widerstand, der dieser Verdrängung entgegengesetzt wird. Der volumenelastizitätskoeffizient E' ist danach

$$E' = \Delta p / \Delta V$$

wobei ΔV dem injizierten Volumen und Δp der Erhöhung des Kammerdruckes entspricht. Der ermittelte volumenelastizitätskoeffizient E' der Weichteile entspricht der Steilheit der Stufen (Abb. 5) bzw. der Kurve im Druck-Volumen-Diagramm (Abb. 6). Er ist trotz gleicher Dimension nicht identisch mit dem in der Physik gebräuchlichen Begriff des volumenelastizitätsmoduls, bei dem allseitige Kompression vorausgesetzt wird.

Die mit der starren Kammer gewonnenen Zusammenhänge sind insofern für die Riva Rocci-Manschette gültig, als die Weichteilverdrängung nur abhängig vom Druck ist, gleichgültig, ob dieser von der Kammer oder von der Blutdruckmanschette ausgeübt wird. Es sind also die Ergebnisse der Messung mit der starren Kammer auf die Verhältnisse unter der Blutdruckmanschette übertragbar. Wie sich die verschiedenen Weichteilmengen auf den Wert des volumenelastizitätskoeffizienten E' auswirken, ist in Tab. 4 und in den Abb. 6 und 7 zu sehen.

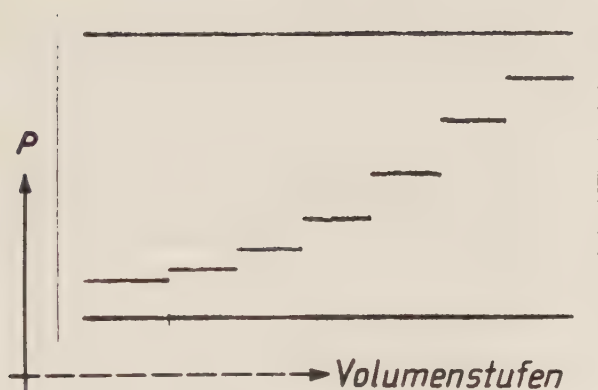


Abb. 5 Ausschnitt aus einem Meßstreifen zur Bestimmung der Abhängigkeit des Kammerdruckes p von dem in die starre Kammer injizierten Wasservolumen, das gleich dem verdrängten Weichteilvolumen ist. Die Auswertung der Meßstreifen einer Versuchsreihe ergibt das Diagramm $p = f(V)$ der Abb. 6.

1. Toni	28 kg	M2	UA		
V(ml)	1(5)	2(5)	3(5)	4(1)	5(1)
p(mmHg)	25	70	120	165	265
E' (dyn/cm ⁵ x 10 ³)	43.7	62.8	79.7	94.3	106.6

2. Toni		M2	OA		
	4(5)	6(5)	8(5)	10(2)	12(1)
	45	70	95	140	200
	13.1	15.9	23.2	34.4	47.9

3. Rolf	34 kg	M5	UA		
	2.3(5)	4.5(5)	6.8(5)	9.1(5)	11.4(5)
	20	49	92	160	265
	13.3	19.3	31.4	50	75

4. Toni		M12	UA			
	8(10)	12(10)	16(10)	20(9)	24(9)	28(4)
	30	50	80	122.5	180	245
	6	8.2	11.3	15.5	21.7	26.8

5. Leika	18 kg	M5	UA		
	2.5(5)	5(5)	7.5(5)		
	25	85	200		
	20.8	45	80.1		

6. Leika		M12	UA		
	4(11)	6(11)	8(9)	10(6)	12(2)
	40	65	95	145	235
	11.9	17.4	28.5	45.7	54.6

Tab. 4 Darstellung der Meßwerte der Versuche in der starren Kammer. Den drei Aussagen entsprechend wurden 1. an fast gleich großen Hunden verschiedene Manschettenbreiten verwendet, 2. an verschiedenen großen Hunden (18 kg und 28 bzw. 34 kg) gleiche Manschettenbreiten benutzt, und 3. wurde an verschiedenen dicken Extremitätenstellen (Unter- und Oberarm) gemessen. Jeweils in der obersten Zahlenzeile ist das eingepreßte Volumen in ml angegeben, und zwar die jeweils bei den 3 bis 6 Injektionsstufen erreichten Gesamtmengen. Dahinter steht in Klammern die Zahl der Einzelmessungen. In der mittleren Zahlenzeile stehen die durch die Injektionen erreichten Drucke p in mmHg. In der unteren Zahlenzeile stehen die Werte der dabei erreichten Volumenelastizitätskoeffizienten E'.

In Tab. 4 sind für 6 versuche an 3 Hunden die Injektionsstufen mit den entsprechenden eingepreßten volumina ($V(\text{ml})$), der den injektionsstufen entsprechende Kammerdruck (p in mmHg) und die mit Hilfe einer mathematischen Näherungsmethode ermittelten Werte des volumenelastizitätskoeffizienten E' (dyn/cm^5) eingetragen. Darüber stehen die jeweils verwendete breite der starren Kammer bzw. Manschette und die Meßstelle, also unterarm (UA) oder Oberarm (OA).

Bei dem leichten gewicht von Leika mit ihren verhältnismäßig geringen Weichteilvolumen und den größeren gewichten von Rolf und Toni mit ihren umfangreicheren Weichteilen ist sowohl bei der Berechnung von E' in Abhängigkeit vom druck p ($E' = f(p)$) als auch beim verhältnis des druckes vom eingepreßten volumen ($p = f(V)$) eine unterschiedliche Relation festzustellen. Es wurden 3 verschiedene Manschettenbreiten in der starren Kammer verwendet und die Meßstelle zwischen Unterarm und Oberarm gewechselt.

Toni und Rolf sind große Hunde, sie wiegen 28 bzw. 34 kg und haben relativ umfangreiche Weichteilmengen an den Extremitäten. Bei unserer voraussetzung, daß der distale rand der eingegipsten Manschette immer an der gleichen Stelle, nämlich dicht proximal des vorderfuß-fußwurzelgelenkes, sitzt, umgreift die 2 cm breite Manschette hauptsächlich derbe Gewebe, wie Knochen, Sehnen und äußere Haut. Die 5 cm-Manschette reicht schon weiter nach proximal über mehr muskelreiche unterarmteile. Die 12 cm breite Manschette dagegen reicht weit nach proximal und umgreift an Weichteilen reiche Abschnitte des unterarmes.

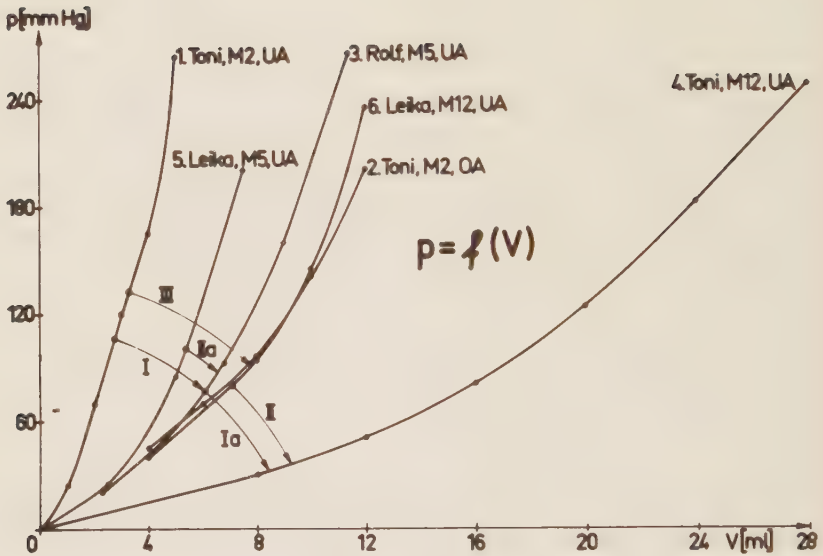


Abb. 6 Das Diagramm $p = f(V)$ zeigt für verschiedene Fälle die Abhängigkeit des Druckes p in der starren Kammer von dem in die Kammer injizierten Wasservolumen. Es wurden 3 verschiedene Manschettenbreiten, 2 cm, 5 cm und 12 cm, bezeichnet mit M2, M5 und M12, unter einer jeweils angepaßten starren Kammer verwendet. Außer am Unterarm (UA) wurde einmal am Oberarm (OA) gemessen. Das injizierte Volumen entspricht dem verdrängten Weichteilvolumen. Das gleiche Weichteilvolumen wird von einer luftgefüllten Blutdruckmanschette verdrängt, wenn sie den gleichen Druck auf das Gewebe ausübt wie die wassergefüllte starre Kammer. Das Diagramm stellt also auch die Abhängigkeit des verdrängten Weichteilvolumens V vom Manschettendruck p dar. Ergebnisse s. Text.

Aus der Tab. 4 und den Abb. 6 und 7 sind die folgenden Ergebnisse zu entnehmen:

I. Die geringste Weichteilverdrängung bzw. den höchsten Elastizitätskoeffizienten erhält man mit der schmalsten Manschette am Unterarm. Sie umfaßt die kleinsten Weichteilmengen. Das ist im versuch 1 bei Toni der Fall. Er hat am Unterarm (UA) eine schmale starre Kammer über einer nur 2 cm breiten Manschette (M2). Bei gleichem Innenaruck ist die Weichteilverdrängung bei einer 5 cm breiten Manschette (M5) größer bzw. der Elastizitätskoeffizient kleiner. Die breitere Manschette erfaßt mehr Weichteile. Das ist der Fall bei versuch 3 an Rolf (UA). In Abb. 6 und 7 verbindet Pfeil I die verglichenen versuche bzw. kurven. Am größten ist die Weichteilverdrängung bzw. am kleinsten der Elastizitätskoeffizient E' bei gleichen Manschettenarucken unter der breitesten, einer 12 cm breiten Manschette (M12), wie im versuch 4 bei Toni am Unterarm (UA), anschaulich durch Pfeil Ia.

Es zeigt sich also, daß die Weichteilverdrängung größer wird, je näher die Manschette an das Ellenbogengelenk heranreicht. Umgekehrt kann man schließen, daß die Weichteile am Unterarm des Hundes in Richtung Ellenbogengelenk zunehmendes Volumen haben.

II. vergleicht man verschieden große Hunde, an denen mit gleich breiten Manschetten bzw. Kammer gemessen wird, wie z. B. in den versuchen 3 und 5 die 5 cm-Manschette bzw. Kammer bei Leika und Rolf (M5, UA) oder in den versuchen 4 und 6 die 12 cm breite Manschette bzw. Kammer bei Leika und Toni (M12, UA), so kommen wir zu dem Ergebnis, das in den Abb. 6 und 7 durch die Pfeile IIa und II veranschaulicht wird: Der an Gewicht leichtere Hund hat an der gleichen Meßstelle mit der gleichen Kammer eine geringere Weichteilverdrängung bzw. einen größeren Volumenelastizitätskoeffizienten und umgekehrt.

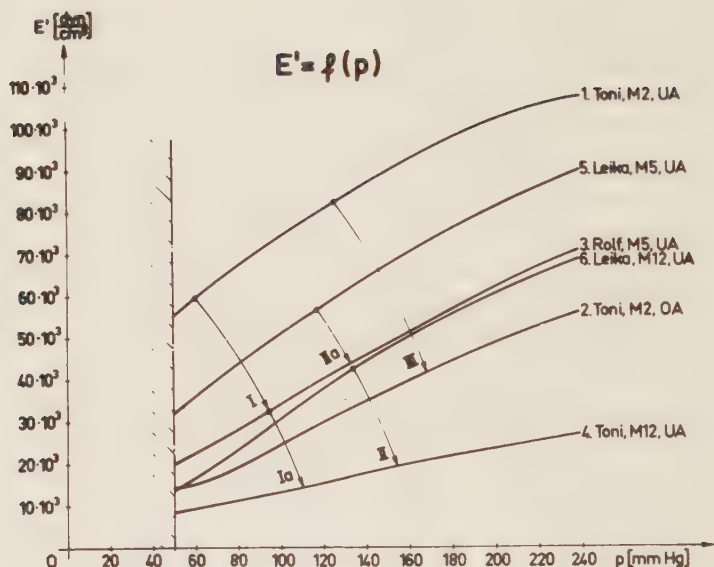


Abb. 7 Das Diagramm $E' = f(p)$, d. h. der weichteilelastizitätskoeffizient E' als funktion des Manschetendruckes p lässt sich mit Hilfe einer mathematischen Näherungsmethode aus dem Diagramm $p = f(V)$ der Abb. 6 ableiten. Die Steigung der Kurven $p = f(V)$ entspricht dem Weichteilelastizitätskoeffizienten E' , also $E' = dp/dv$. Trägt man die Steigungswerte E' über den zugehörigen Druckwerten p auf, so erhält man das in Abb. 7 dargestellte Diagramm. Ergebnisse s. Text.

III. Im versuch 1 und 2 werden beim selben Hund (Toni) mit gleich breiter Manschette bzw. Kammer (1.2, die Weichteilverdrängung bzw. der Elastizitätskoeffizient E' zwischen Unterarm (UA) und Oberarm (OA) verglichen. Es ergibt sich am Oberarm eine wesentlich größere Weichteilverdrängung bzw. ein kleinerer Elastizitätskoeffizient (Preil III). Am Oberarm werden also größere Mengen Weichteile verdrängt als am Unterarm.

Es war oben festgestellt worden, daß bei verwendung verschiedenen breiter Manschetten die beiden untersuchten Blutdruckkriterien statistisch gesichert in verschiedenen Höhen erscheinen. Nach der einhelligen Meinung aller untersucher des Problems der Manschettenbreite ist der Einfluß der Weichteilverdrängung und des Elastizitätskoeffizienten eng miteinander verbunden.

Wenn sich bei den versuchen in der starren Kammer ebenfalls eine so eindeutige Abhängigkeit der weichteilverdrängung und des Elastizitätskoeffizienten von der Manschettenbreite und dem Umfang der Meßstelle ergibt, weist auch diese Tatsache daraufhin, daß Manschettenbreite und Umfang des Meßstellen für die Blutdruckmessung aufeinander abgestimmt sein müssen.

4. Diskussion

Die Frage der optimalen Manschettenbreite ist so alt wie die Blutdruckmessung (14). Die Zahl der Arbeiten, die sich mit dem Problem für die Messung am Menschen beschäftigen, ist groß (Lit. bei 14).

Bei der Messung am Hund hingegen ist namentlich in der älteren Literatur die Manschettenbreite überhaupt nicht angegeben (Lit. bei 15). Über die optimale Manschettenbreite beim Hund gibt es u.W. nur drei Untersuchungen. Dabei wird die Methode nach BOUCKE-BRECHT verwendet. GRAUWILER, SPÖRRI und WEGMANN (8) verglichen eine 6 und eine 12 cm breite Manschette am Unterarm des Hundes und fanden keinen Unterschied. EHRLICH (5) untersuchte 2 Hunde ebenfalls am Unterarm und stellt fest, daß die 5 cm-Manschette die Kriterien für den systolischen und diastolischen Blutdruck gegenüber der 12 cm-Manschette erhöht anzeigt. GÜNTHER (9) findet, daß beim Wechsel der Manschettenbreite von 6.5 auf 13.5 cm bei 4 Hunden das Merkmal für den systolischen Druck im Durchschnitt 60 mmHg tiefer liegt.

Bei der Bestimmung der Weichteilverdrängung und des Volumenelastizitätskoeffizienten bestehen schon am Hundeunterarm zwischen der 2, der 5 und der 12 cm-Manschette Unterschiede. Zwischen einer 2 cm-Manschette am Unterarm und am Oberarm des Hundes ist der Unterschied ebenfalls groß. Am Oberarm des Menschen befinden sich noch mehr Weichteile als am Oberarm des Hundes. Deshalb wird dort der Elastizitätskoeffizient noch wesentlich kleiner sein. Auch von diesem Gesichtspunkt aus muß dann die Manschette am Hundeunterarm wesentlich schmaler als am menschlichen Oberarm sein.

Die Untersuchung verschiedener Manschettenbreiten und die Bestimmung der Weichteilverdrängung bzw. des Volumenelastizitätskoeffizienten E' machen also übereinstimmend die Aussage, daß die Manschettenbreite am Hundeunterarm wesentlich schmaler sein muß als am menschlichen Oberarm, damit die Kriterien der unblutigen Messung in der richtigen Höhe erscheinen.

Welches die richtigen Breiten für diese Merkmale am Hundeunterarm sind, muß durch den Vergleich mit blutigen Messungen festgestellt werden. Das ist inzwischen untersucht worden. Die 5 cm breite Manschette hat im normalen, mittleren Druckbereich und bei experimentell gesenkten bzw. erhöhten Drucken von 70 bis über 200 mmHg am Unterarm der untersuchten Hunde die beste Übereinstimmung mit blutigen Messungen (15).

5. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluß der Manschettenbreite auf die ermittelte Druckhöhe bei der Blutdruckmessung am Hund durch den Vergleich verschieden breiter Manschetten untersucht. Die Hunde hatten an beiden Unterarmen zugleich 2.5 und 5 cm, 5 und 7.5 cm und 7.5 und 12 cm breite Manschetten. Über der A. ulnaris, möglichst vor ihrer Aufteilung in die Phalangenäste, wurde mit einem BOUCKE-BRECHT-schen Pulsabnehmer der 1. Puls bei fallendem Druck in der Unterarmmanschette erfühlt und als Merkmal für den systolischen Blutdruck gewertet. Die Vorgänge wurden registriert, ebenso die Oszillationen der Unterarmmanschette während in ihrem Manschettenraum der Druck fiel. Die größte Oszillation wurde als Kriterium für den mittleren Blutdruck betrachtet (15). Beim Vergleich der Manschetten ergab sich, daß sowohl das Kriterium für den systolischen Blutdruck (3,4) als auch das Kriterium für den mittleren Blutdruck (6,14,15) bei der schmaleren Manschette höher liegt bzw. bei der breiteren tiefer. Bei den 4 verwendeten Manschettenbreiten ergibt die schmalere systematisch höhere, die breitere niedrigere Werte. Der Einfluß auf das Kriterium des systolischen Druckes erscheint stärker als auf das Kriterium für den Mitteldruck.

Daneben wurde mit einer selbstgebauten starren Kammer die Weichteilverdrängung bzw. der Volumenelastizitätskoeffizient der Gewebe am Hundearm bestimmt. Dazu wurde an die Meßstelle eine Gummiblase gelegt und mit Gipsbinden umwickelt. Nach Trocknung wurden gleiche Wassermengen eingepreßt und die Druckerhöhung in der Kammer mit einem Druckmeßwandler festgestellt.

Dabei ergab sich folgendes:

- I. Die breitere Manschette, die höher hinauf zum Ellenbogen reicht, umgreift mehr Weichteile. Die schmalere Manschette umgreift weniger Weichteile. Unter der breiteren Manschette ist die Weichteilverdrängung größer bzw. der volumenelastizitätskoeffizient kleiner als unter der schmaleren Manschette.
- II. Der kleinere, leichtere Hund hat eine geringere Weichteilverdrängung bzw. einen größeren Elastizitätskoeffizienten als der größere, schwerere Hund.
- III. Gegenüber dem Unterarm desselben Hundes ergibt sich am Oberarm eine größere Weichteilverdrängung bzw. ein kleinerer Elastizitätskoeffizient.

Nach den vorliegenden Messungen besteht also ein Einfluß der Manschettenbreite auf die ermittelte Blutdruckhöhe. Die optimale Manschettenbreite für den Unterarm des Hundes ist nach blutigen Vergleichsmessungen die 5 cm breite Manschette (15).

6. Literaturverzeichnis

- 1 Anschütz, F. Der durch dünne Extremitäten und durch das Vorliegen von Druckpulsen mit hohem Frequenzgehalt auftretende Fehler bei der auskultatorischen Blutdruckmessung nach Riva Rocci/Korotkoff.
Zschr.Kreisl.forsch. 43, 344-348 (1954)
- 2 Anschütz, F. u.
Burkert, E. O. Der Fehler der auskultatorischen Blutdruckmessung nach Riva Rocci/Korotkoff an umfangreichen Weichteilen.
Zschr.Kreisl.forsch. 43, 335-343 (1954)
- 3 Basch, S. von Ein verbesserter Sphygmo- und Cardiograph.
Zschr.Klin.Med. 2, 654-663 (1881)
- 4 Basch, S. von Ein Metall-Sphygmomanometer.
Wien. med. Wschr. 33, 674-675 (1883)
- 5 Ehrlich, Zwi David Blutdruckmessungen bei gesunden und nierenkranken Hunden.
Vet. med. Diss., Universität Zürich (1959)
- 6 Frucht, A.-H. Handbuch Med. Elektronik, Teil III
VEB Verlag Technik, Berlin (1965)
- 7 Fellner, D. u.
Rudinger, C. Tierexperimentelle Studien über Blutdruckmessungen mittels des Riva Rocci-schen Sphygmomanometers.
Zschr. Klin. Med. 57, 125 (1905)

- 8 Grauwiler, J.,
Spörri, H. u.
Wegmann, H.
Zur graphischen Ermittlung des systolischen und diastolischen Blutdrucks bei Haustieren mittels Infratonmikroions und Druckmarkengebers von Brecht und Boucke.
Schweiz. Arch. Tierhk. 100, 297-318 (1958)
- 9 Günther, K.
Untersuchungen über den Blutdruck von unbeeinflussten, gewöhnten und unter Perphenazinwirkung stehenden Hunden.
vet. med. Diss., Freie Universität Berlin (1962)
- 10 Kenner, T. u.
Gauer, O. H.
Untersuchungen zur Theorie der auskultatorischen Blutdruckmessung.
Pflügers Arch. Physiol. 275, 23-45 (1962)
- 11 Kirschsieper, H. M.
Über indirekte Blutdruckmessung am Menschen. Der Einfluß des Umfangs der Meßstelle.
Zschr. Kinderhk. 71, 422-431 (1952)
- 12 Kirschsieper, H. M.
Über indirekte Blutdruckmessung am Menschen. Die Bedeutung elastischer Faktoren für das Meßergebnis.
Zschr. Kinderhk. 74, 158-166 (1954)
- 13 Müller, O. u.
Blauel, K.
Zur Kritik des Riva Roccischen und Gartnerschen Sphygmomanometers (Untersuchungen bei Amputationen).
Dtsch. Arch. klin. Med. 91, 517 (1907)
- 14 Recklinghausen, H. von
Blutdruckmessung und Kreislauf in den Arterien des Menschen.
Steinkopff, Dresden u. Leipzig (1940)

15 Werner, J.

Methodische Untersuchungen zur unblutigen Messung des Blutdruckes beim Hund.

In vorbereitung.

Herrn Prof. Dr. L. Felix Müller sage ich Dank für die
Überlassung der Arbeit.

Auch danke ich Herrn Dr. Werner für die mir stets gewährte
freundliche Unterstützung.

LEBENS LAUF

In Berlin wurde ich, Hartmut Kluge, als Sohn des Arztes Dr. med. Wilderich Kluge und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Bruch, am 30. September 1938 geboren.

Die Grundschule besuchte ich in Nauen von 1944 bis 1951, danach, bis zum Abitur im Jahre 1955, die dortige Goethe-Oberschule. Nachdem ich zum Studium an der Humboldt-Universität aus gesellschaftspolitischen Gründen nicht zugelassen wurde, machte ich in Westberlin das 13. Schuljahr und bestand das hier gültige Abitur 1956. Ich studierte an der Freien Universität bis zum Physikum erfolglos Medizin, gründete 1960 eine Familie und arbeitete zwei Jahre, bis Ende 1962, untertage im Ruhrkohlenbergbau, danach ein Jahr im Berliner U-Bahn-Bau. Das Veterinärmedizinstudium konnte ich ebenfalls an der Freien Universität im Jahre 1963 aufnehmen, bestand dort am 4. Mai 1965 die tierärztliche Vorprüfung und am 9. Mai 1968 das Staatsexamen.

